Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Über die Entwickelungsgeschichte und den Bau der Samenschale bei der Gattung Phaseolus.

(Mit 2 Tafeln.)

Von Dr. G. **Haberlandt.**

Keine Pflanzenordnung ist hinsichtlich des Baues ihrer Samenschalen so vielfach untersucht worden, als die der Leguminosen. Schon Malpighi kannte die charakteristische, pallisadenförmig ausgebildete Epidermis der Testa. Später haben Schleiden und Vogel an den Samenschalen mehrerer Repräsentanten dieser Familie die Anatomie und Entwickelungsgeschichte des erwähnten Samentheiles zum ersten Male in ausführlicherer Weise zur Darstellung gebracht; dann gab Pringsheim in seiner 1848 erschienenen Inaugural-Dissertation [1] eine genaue Beschreibung des Baues und der Entwickelungsgeschichte der Testa von *Pisum sativum*, vornehmlich der Pallisadenschichte, und in neuerer Zeit endlich sind die Samenschalen zahlreicher cultivirter Papilionaceengattungen von A. Sempolowski eingehend untersucht worden. Überdies finden sich in verschiedenen Handbüchern botanischen Inhaltes diesbezügliche Notizen und Abbildungen vor, auf die ich nur nebenbei aufmerksam mache. So in Bischoff's Handbuch der botanischen Terminologie und Systemkunde (1833—1840), welches auf Tafel XLIII die Abbildungen der Samenschalen von *Cicer arietinum*, *Vicia faba* und *Lupinus* bringt, ferner in Nobbe's Handbuch der Samenkunde, worin auf pag. 79 die Testen von *Medicago sativa* und *Trifolium pratense* abgebildet und besprochen werden.

Nichtsdestoweniger hat die vorliegende Arbeit eine nicht unwesentliche Ergänzung des bisher über diesen Gegenstand

---

[1] De forma et incremento stratorum crassiorum in plantarum cellula observationes quaedam novae. Hallae. 1848.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bekannt Gewordenen zu bilden. Es liegt nämlich über die Samenschale der Gattung *Phaseolus* von keinem der genannten Forscher eine genauere Angabe vor, was seitens Sempolowski's umsomehr überraschen muss, als derselbe im Resumé ganz allgemein von den Samenschalen der cultivirten Papilionaceen-Gattungen spricht. Dabei will nun ein sonderbarer Zufall, dass gerade der Bau der Samenschale bei *Phaseolus* von dem der übrigen untersuchten Leguminosen in einigen Punkten um ein Beträchtliches abweicht, und dass demnach die theilweise schon von Schleiden und später von Sempolowski ausgesprochenen und sogleich mitzutheilenden Sätze in ihrer Allgemeinheit nicht aufrecht erhalten werden können.

Schleiden hat bereits 1838 in den gemeinsam mit Th. Vogel veröffentlichten „Beiträgen zur Entwickelungsgeschichte der Blüthentheile der Leguminosen"[1] die morphologischen Verhältnisse der Samenschale von *Lupinus rivularis* mit grosser Exactheit beschrieben. Er schilderte die Entwickelung der Pallisadenschicht aus der Epidermis des Integumentes und wies mit Zuhilfenahme des Macerationsverfahrens nach, dass dieselbe immer bloss aus einer einzigen Zellschichte bestehe. Er lenkte ferner seine Aufmerksamkeit auf die unter der Pallisadenschicht befindliche Lage von „Säulenzellen", mit ihren eigenthümlich kopfförmigen Erweiterungen und den grossen Intercellularräumen, die sie zwischen sich freilassen; auf Grund späterer Beobachtungen hielt er dieselbe für eine Eigenthümlichkeit fast aller Leguminosen. — In einer zweiten Abhandlung[2] wird dargelegt, dass nach der aus mehreren Zelllagen bestehenden Parenchymschicht, welche entwickelungsgeschichtlich dem Integumente angehört, bei zahlreichen Gattungen noch Endospermgewebe folge, über dessen verschiedenartige Ausbildung sich die Verfasser eingehend verbreiten. Der Gattung *Phaseolus* spricht Schleiden das Endosperm ab.

Sempolowski[3] hat den Auseinandersetzungen Schleiden's und Vogel's, abgesehen natürlich von zahlreichen Einzel-

---

[1] Nova acta der Leop.-Car. Akademie, Vol. XIX, pars I, p. 59.

[2] Über das Albumen, insbesondere der Leguminosen (nebst einem Anhange), ibid. Vol. XIX, pars II, p. 51.

[3] Beiträge zur Kenntniss des Baues der Samenschale, Inaugural-Dissertation von A. Sempolowski. Leipzig 1874, p. 9—42.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

heiten, nichts wesentlich Neues hinzugefügt. Er untersuchte, ohne sich auf die Entwickelungsgeschichte einzulassen, den Bau der Samenschalen von *Lupinus, Vicia, Ervum, Pisum, Trifolium, Medicago, Melilotus, Ornithopus, Anthyllis, Trigonella* und *Onobrychis sativa*, und unterscheidet nun ganz allgemein an den Samenschalen der cultivirten Papilionaceen folgende fünf Schichten: 1. Die Epidermisschicht, welche aus ungleichmässig stark verdickten, von einer bald dickeren, bald dünneren Cuticula überzogenen Zellen besteht. 2. Die Schicht der mit Intercellularräumen versehenen Säulenzellen. 3. Das von mehreren Zelllagen gebildete Parenchymgewebe (nach den Abbildungen überall aus einfach parenchymatischen, zusammengepressten Zellen bestehend). 4. Eine farbstoffführende Schicht, die aber nur einigen Gattungen zukommt, und 5. endlich das mit der innersten Schichte der Samenschale [1] verwachsene Endosperm. — Wir werden bald sehen, wie wenig der Bau der Samenschale bei der Gattung *Phaseolus* mit dem hier mitgetheilten Schema übereinstimmt.

Ich gehe nunmehr an die Besprechung meiner eigenen Untersuchungen, welche im Laboratorium der Lehrkanzel des Pflanzenbaues an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien durchgeführt wurden.

1. *Ph. vulgaris.* Das äussere Integument der hemitropen Samenknospe setzt sich schon kurz nach erfolgter Befruchtung aus 5—6 Zelllagen zusammen (Fig. 1 u. 2). Die Epidermis besteht aus prismatischen Zellen, deren Länge den Querdurchmesser nur um Weniges übertrifft. Das übrige Gewebe ist noch nicht weiter differenzirt und besteht durchwegs aus gleichartig gebauten, am Querschnitte quadratisch oder sechseckig erscheinenden Zellen; nur die unmittelbar unter der Epidermis gelegenen sind etwas grösser. Das innere Integument ist bloss zweischichtig. Die erste Lage schliesst sich in der Form der Zellen so ziemlich an das Gewebe des äusseren Integumentes an, doch zeigen dieselben eine geringe tangentiale Dehnung. Die zweite Lage erscheint an Querschnitten pallisadenförmig entwickelt; ihre Zellen sind nämlich fast dreimal so lang als breit. Doch verlieren sie an der Krümmungsstelle des Knospenkernes dieses Aussehen und werden allmälig wie die Zellen der ersten Schichte.

[1] Letztere im engeren Sinne genommen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wenn die befruchtete Samenknospe einen Längsdurchmesser von 2—2·5 Mm. erreicht hat, so ist in dem Zellgewebe des äusseren Integumentes schon eine verhältnissmässig weitgehende Differenzirung der Schichten bemerkbar (Fig. 3). Die Zellen der Epidermis haben sich zwar noch nicht gestreckt, doch zeigt fast jede derselben eine Radialtheilung. Die darunter befindliche Zelllage besteht nun aus unregelmässig prismatischen Zellen, deren Querwände nicht selten schief gestellt sind. Ganz anders ist die darunter liegende Zellschicht entwickelt. Grosse, in tangentialer Richtung stärker ausgebildete Parenchymzellen folgen in 3—4 Lagen und lassen kleine Intercellularräume zwischen sich frei, die den nachfolgenden Schichten fehlen. Radiale und tangentiale Theilungen sind nicht selten. Häufiger aber treten erstere in der nunmehr folgenden Schicht auf, deren Zellen noch mehr gedehnt sind und ebenfalls 3—4 Lagen bilden. Am lebhaftesten theilen sich die Zellen der untersten Gewebsschichte des Integumentes; die Tochterzellen sind ganz klein und suchen sich alsbald abzurunden. Das innere Integument dagegen zeigt ein sehr träges Wachsthum und lässt leicht erkennen, dass es sich an der Bildung der Samenschale nicht betheiligt. Eine Vermehrung der Zelllagen unterbleibt hier, und die in verhältnissmässig geringer Anzahl auftretenden Radialtheilungen genügen nicht, um die durch das rasche Wachsthum des äusseren Integumentes verursachten Zerrungen hintanzuhalten. Allerdings werden dieselben erst in späteren Entwickelungsstadien deutlich erkennbar. Doch haben die Zellen der zweiten Schichte ihre Pallisadenform jetzt schon vollkommen eingebüsst und auch die häufige Schiefstellung ihrer Querwände fällt auf.

An der Raphe ist die Entwickelung der Samenschale schon um Vieles weiter vorgeschritten. Die Oberhautzellen haben sich radial gestreckt, das später zu beschreibende Trennungsgewebe des Funiculus ist bereits vollständig angelegt, und das reichlich entwickelte Parenchym ist mit grösseren Intercellularräumen versehen und führt zahlreiche Krystalle aus oxalsaurem Kalk. Ganz auffällig sind hier die ausserordentlich lebhaften Zelltheilungen in den untersten Lagen des Parenchyms. In einer Zelle treten oft gleichzeitig und dicht neben einander 4—6 Querwände auf, was zu einer eigenthümlichen Fächerung derselben führt (Fig. 4).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

In einem dritten Entwickelungsstadium (Fig. 5) — der Längsdurchmesser der Samenknospe beträgt 5—6 Mm. — haben die übrigens noch unverdickten Zellen der Oberhaut des Integumentes bereits die Pallisadenform angenommen. Die darunter befindliche Zelllage theilt sich durch tangentiale Scheidewände. Die nach innen gelegenen Tochterzellen schliessen sich in jeder Hinsicht an das übrige Parenchym an; die an die Epidermis grenzenden dagegen werden schön prismatisch, schliessen vollkommen dicht an einander und behalten nur diese Form bis zur vollständigen Reife des Samens. Die Ausbildung der übrigen Schichten bietet in diesem Stadium nicht viel Bemerkenswerthes; es mag daher bloss auf die Abbildung verwiesen werden.

Am Hilum zeigt die Pallisadenschicht mit den daran grenzenden Zellen des Trennungsgewebes schon eine bedeutende Verdickung der Wände, das Parenchym in seinen oberen Lagen sternförmige Ausbildung, und das zu innerst gelegene, an Querschnitten sehr kleinzellig erscheinende Gewebe gleichfalls gallertartig verdickte Wandungen.

Um nicht gar zu viele Details anzuhäufen, überspringe ich nun den Zeitraum bis zur vollständigen Reife des Samens. Die Veränderungen, welche während desselben mit dem Gewebe der jungen Testa vor sich gehen, dürften sich zu Genüge aus der Besprechung des Baues der reif gewordenen Samenschale ergeben.

Dieselbe ist, wie wir gesehen haben, ein ausschliessliches Product des äusseren Integumentes der Samenknospe. Denn das zweite Integument wird, nachdem es vorerst stark verzerrt worden, allmälig ganz resorbirt.

An der Samenschale von *Ph. vulgaris* lassen sich im Ganzen fünf wohl abgegrenzte Schichten unterscheiden. Die Pallisadenschicht (I) zeigt den allen Papilionaceen gemeinsamen Typus. (Fig. 6, I, 7 u. 8.) Die prismatischen, 5—6seitigen Zellen besitzen in ihrer oberen Hälfte ein sehr enges, spaltenförmiges Lumen, welches sich gegen unten zu schlauchförmig erweitert. Dasselbe ist hier bei verschiedenen Varietäten verschieden gross, bei Bohnen mit farbiger Samenschale gewöhnlich weiter, als bei weissen Sorten. In der oberen Hälfte der Zellen treten starke,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

leistenförmige Verdickungen und Porencanäle auf. Die ziemlich schmale Lichtlinie verläuft knapp unter der Cuticula und wird nach Behandlung des Präparates mit Chlorzinkjodlösung schön blau gefärbt. Dasselbe kann übrigens auch an den Pallisadenzellen der Testen anderer Leguminosen beobachtet werden, wesshalb ich Sempolowski nicht beipflichte, wenn er in der Lichtlinie auch eine chemische Veränderung der Zellwandungen vor sich gegangen sein lässt.[1] Es genügt wohl die Russow'sche Erklärungsweise, welche annimmt, dass an der Stelle der Lichtlinie die Substanz der Zellmembran dichter und wasserärmer sei.[2]

Unter der Pallisadenschicht folgt nun eine Zelllage (II), die, wenn sie sich von dem übrigen Gewebe der Testa differenzirt, bei allen bisher untersuchten Gattungen mit mehr oder weniger stark entwickelten Intercellularräumen versehen ist. Bei *Ph. vulgaris* fehlen aber letztere vollständig und wir werden auch gleich sehen wesshalb. — Bloss mit Wasser behandelt, zeigt sich am Querschnitte ein mässig breiter, stark lichtbrechender Streifen, in welchem nach regelmässigen Abständen sehr schön ausgebildete Krystalle eingelagert sind. Zellcontouren sind nicht bemerkbar. Erwärmt man aber den Schnitt vorerst in verdünnter Kalilauge, so grenzen sich die einzelnen Zellen ganz deutlich von einander ab (Fig. 6, II); sie stellen kurze, 5—6seitige Prismen vor, und besitzen so stark verdickte, gallertartig angequollene Zellwände, dass der Krystall, welcher ausnahmslos in jeder Zelle vorkommt, das ganze Lumen derselben erfüllt. In der Oberflächenansicht zeigt sich eine deutliche Schichtung der Zellwände (Fig. 9). Bei nur ganz schwachem Anquellen bemerkt man nicht selten, dass das sehr enge Lumen der Zelle ober- und unterhalb des Krystalls sich fortsetzt und sich an seiner Endigung sogar ein bischen erweitert. Die gewöhnlich radiale Stellung der Querwände wird manchmal zu einer schrägen, so dass dann die betreffende Zelle zwischen die übrigen sich einkeilt und die Form einer abgestutzten Pyramide annimmt.

Die Krystalle, welche diese überhaupt sehr charakteristische Zellschicht auszeichnen, bestehen, wie zu erwarten stand, aus

[1] L. c. p. 11.

[2] E. Russow, Vergleichende Untersuchungen, betreffend die Histologie etc. der Leitbündelkryptogamen. St. Petersburg, 1872, p. 35, 1. Anm.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

oxalsaurem Kalk und erscheinen in den gewöhnlichen Combinationen. Schön ausgebildete Zwillinge sind häufig.

Nach Behandlung mit Chlorzinkjodlösung nimmt die soeben besprochene Zellschicht anfänglich eine rothviolette Farbe an, während die Pallisadenzellen und das gleich zu beschreibende Parenchymgewebe graublau gefärbt werden. Später erscheinen sie jedoch ebenfalls schön blau.

Die nun folgenden Gewebslagen der Samenschale sind im trockenen Zustande stark zusammengepresst und dabei von ungefähr derselben Dicke wie die beiden vorhin besprochenen Schichten. In warmer Kalilauge quellen sie jedoch stark auf, bis zu dem 3—4fachen ihrer früheren Breite und lassen nun drei von einander wohl abgegrenzte Zellschichten erkennen.

Die erste (III), aus 3—4 Zelllagen bestehend, setzt sich aus sternförmig ausgebildeten Zellen zusammen (Fig. 6 III, 10, 14); sie weist in Folge dessen zahlreiche Intercellularräume auf und erinnert sehr an das sogenannte Schwammparenchym der Laubblätter. Das Anquellen der Zellmembranen in Kalilauge ist ein ziemlich beträchtliches. Der Zellinhalt besteht aus kleinen Protoplasmaresten und färbt sich nach Zusatz von Chlorzinkjodlösung gelb. Auch die Ausbildung dieser Zellschichte differirt daher sehr wesentlich von der einfach parenchymatischen Entwickelung derselben bei den übrigen Leguminosen. Nur die Samenschale von *Anagyris foetida* zeigt, wie aus der Schleiden'schen Abbildung [1] ersichtlich ist, dieselbe Eigenthümlichkeit.

Die zweite, resp. vierte Gewerbsschichte (IV) wird von dünnwandigen, selbst in Kalilauge nur ganz unbedeutend anquellenden Zellen gebildet, welche tangential sehr stark gedehnt sind (Fig. 6, IV). Ihr Inhalt besteht aus feinkörnigem Protoplasma. In dieser Schichte verlaufen auch die zarten Gefässbündel des Integumentes.

Die innerste Schichte der Samenschale (V) besteht aus eigenthümlich verzweigten, dicht unter einander verfilzten Zellen, deren Form bloss an Tangentialschnitten deutlich hervortritt. (Fig. 11.) Die Zellen stehen wie beim gewöhnlichen Sternparenchym durch Zweigfortsätze mit einander in Verbindung, doch

[1] Über das Albumen etc. Tab. XLV, Fig. 81.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

fällt hier die reiche und entschieden dichotomische Verästelung besonders auf. An Querschnitten glaubt man, ein sehr kleinzelliges Parenchymgewebe vor sich zu haben. (Fig. 6, V.)

Oberhalb der Radicula, in der Gegend der Mikropyle, besitzt die Samenschale eine etwas beträchtlichere Dicke. Die Pallisadenzellen sind hier bedeutend länger und breiter. Die darunter liegende Prismenschicht — so will ich von nun an die Schichte II nennen — wird gleichfalls von längeren, dabei aber schmäleren pallisadenähnlichen Zellen gebildet und spaltet sich stellenweise in zwei Zelllagen. Gegen innen zu schliesst sich an die Samenschale eine Endospermschicht an, welche allerdings nur schwach entwickelt ist und 2—3 Zelllagen bildet. Sie besteht aus ziemlich grossen, etwas verdickten und mit körnigem Protoplasma dicht erfüllten Zellen, unter denen sich die nach unten gelegenen durch ihre tangentiale Streckung auszeichnen. Die Spitze der Radicula steckt in einer eigenthümlichen Einsackung der Samenschale, deren Zustandekommen sich aus der hakenförmig gekrümmten Form des Knospenkernes leicht erklärt. Die zwischen der Radicula und den Cotyledonen befindliche Innenwand dieser Tasche besteht aus einem zartwandigen Parenchymgewebe, welches beiderseits vom Endosperm begrenzt wird· Letzteres kleidet in 4—5 Zelllagen die ganze Innenfläche der Tasche aus.

Es fehlt also auch der Samenschale von *Phaseolus* das Endosperm nicht gänzlich, wie S c h l e i d e n angibt. Nur beschränkt es sich bei *Ph. vulgaris* auf jene Stelle, wo seine Ausbildung auch dann, wenn die ganze Samenschale eine Endospermschicht aufweist, eine bedeutend mächtigere ist.

Das Hilum stellt eine ovale Einbuchtung der Samenschale dar, in welcher am reifen Samen der Rest des Trennungsgewebes sich vorfindet. Am Grunde dieser Einbuchtung zeigt sich eine doppelte Lage von Pallisadenzellen. Die eine bildet die unmittelbare Fortsetzung der epidermoidalen Schicht der Samenschale, die andere gehört dem Trennungsgewebe an. Die Zellen sind hier länger und schmäler als die übrigen Pallisadenzellen, ihr Lumen ist durchaus sehr enge und mit Chlorzinkjodlösung werden sie anfänglich gelb und nur ganz allmälig blau gefärbt. Über dieser Lage folgt eine kleinzellige Schichte und dann ein

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

lockeres Gewebe grosser, langgestreckter, mässig verdickter Zellen. An der Samenschale selbst umgibt eine schmale, leistenförmige Erhöhung rings die Einbuchtung. Unter der Pallisadenschicht treten hier polyedrische, stark verdickte Zellen auf, welche allmälig in das sehr reichlich und schön entwickelte Sternparenchym übergehen. Letzteres quillt hier im Wasser viel stärker an als an der Fläche des Samens, und sind in dasselbe vereinzelte, grosse, runde und stark verdickte Zellen eingelagert, deren Lumina Krystalle führen. Die Prismenschicht differenzirt sich am Hilum nur undeutlich von den darunter liegenden Zelllagen und führt keine Krystalle. In der Mitte der Einbuchtung bilden die sich verkürzende Pallisadenzellen eine Spalte, von welcher eine mit Tüpfelgefässen erfüllte ovale Einsackung in das darunter liegende Gewebe hinabreicht.

An der dem freien Auge als kleines braunes Doppelwärzchen erscheinenden Samenschwiele in der Region der Chalaza wird die Prismenschicht sammt dem Sternparenchym durch ein in Wasser sehr stark anquellendes Gewebe radial gestreckter Zellen ersetzt, deren Wände so stark verdickt sind, dass ihr Lumen bloss einen beiderseits etwas erweiterten engen Spalt vorstellt. Die Zellen schliessen dicht aneinander.

Die Träger des Farbstoffes in den Samenschalen einfach und bunt gefärbter Varietäten von *Ph. vulgaris* sind die Pallisadenschicht und das mit IV bezeichnete Parenchymgewebe. In ersterer treten alle die verschiedenen Farbstoffe auf, welchen der Same seine äusserlich sichtbare Färbung verdankt; auch dann, wenn die Bohnen gesprenkelt sind und zweierlei Farben sich geltend machen. Der namentlich in heissem Wasser leicht lösliche Farbstoff erfüllt gewöhnlich das unten schlauchförmig erweiterte Lumen der Pallisadenzellen, tingirt aber bisweilen bei gelben und lichtbraunen Varietäten auch die Zellwandungen. Mit seltenen Ausnahmen enthält nun das oben erwähnte Parenchymgewebe gleichfalls einen Farbstoff. Derselbe ist immer röthlichbraun und ganz unabhängig von der wechselnden Farbe der Pallisadenzellen. Wie alle anderen, zeigt auch er mit Eisenoxydsalzen die Gerbstoffreaction.

Bevor ich an die Besprechung der Samenschalen noch einiger anderer *Phaseolus*-Arten gehe, bemerke ich, dass die einzelnen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Subspecies und zahlreichen Varietäten von *Ph. vulgaris* eine im Wesentlichen vollständige Übereinstimmung im Bau der Testa zeigen. Nur die Breite der einzelnen Schichten (besonders von III und V) schwankt oft ziemlich bedeutend.

2. *Ph. multiflorus.* L. Der Bau der Samenschale zeigt keine wesentliche Abweichung von dem bei *Ph. vulgaris.* Der Prismenschicht fehlen manchmal die Krystalle; die an dieselbe angrenzenden Parenchymzellen sind ziemlich stark verdickt und enthalten körniges Protoplasma. Auffällig ist die grosse Breite der mit braunem Farbstoff gefüllten Schichte IV.

3. *Ph. lunatus.* L. (Fig. 12.) Die für *Ph. vulgaris* und *multiflorus* so charakteristische Prismenschicht wird hier durch eine Lage trichterförmiger Zellen vertreten, deren breiteres Ende der Epidermis zugekehrt ist; sie lassen, wie die Säulenzellen anderer Leguminosengattungen grosse Intercellularräume zwischen sich frei und stehen häufig durch Seitenfortsätze mit einander in Verbindung. Das Sternparenchym setzt sich bloss aus 1—2 Zelllagen zusammen.

4. *Ph. inamoenus.* L. Die morphologischen Verhältnisse im Bau der Testa sind hier ganz dieselben wie bei *Ph. lunatus*; nur fehlen hier den trichterförmigen Zellen die Seitenfortsätze. Eigenthümlich ist, dass der braune Farbstoff nicht nur in den Schichten I und IV, sondern noch reichlicher in II und V auftritt.

5. *Ph. Mungo.* L. (Fig. 13.) Statt der Prismenschicht können hier schon ganz wohl ausgebildete Säulenzellen wahrgenommen werden. Die Intercellularräume sind freilich noch nicht sehr stark entwickelt, die unverdickten Zellwandungen selbst in Kalilauge nur schwach quellungsfähig. Zwei Schichten, das sind III und V fehlen vollständig. Dafür zeigt sich hier eine, wenn auch nur schmale Endospermlage.

Des Vergleiches halber untersuchte ich schliesslich auch den Bau der Samenschale bei den folgenden zwei mit *Phaseolus* sehr nahe verwandten Gattungen aus der Gruppe der Euphaseoleen.

1. *Dolichos monachalis.* Brot. (Fig. 14.) Die Samen gleichen hinsichtlich ihrer Form einer kleinsamigen Varietät der gemeinen Ackerbohne. Ihre Farbe ist gelblich, das Hilum schwarz umrandet. Die Pallisadenzellen sind auffallend breit, die untere

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Hälfte des Lumens ist sehr stark entwickelt. Ein zartes Netz von feinen, schräg verlaufenden und sich kreuzenden Streifungslinien bedeckt gleichsam die ganze an Querschnitten der Testa sichtbare Fläche der einzelnen Zellen. Die Säulenschicht ist schmal, von zierlichem Aussehen. Darunter folgen tangential gestreckte Parenchymlagen in grösserer Anzahl.

2. *Lablab vulgaris*, Savi. Die Samen sind oval, seitlich stark zusammengedrückt, mit langem, durch das Trennungsgewebe weiss gefärbtem Hilum. Ihre Farbe ist braun oder schwarz. Die Pallisadenzellen sind langgestreckt und schmal, die Säulenzellen regelmässig ausgebildet. Die darauffolgende Schichte zartwandiger, tangential gedehnter Parenchymzellen ist sehr fein getüpfelt und breit. Schliesslich folgt ein Gewebe, das sich von der oben beschriebenen Schichte V in Nichts unterscheidet.

Wiederholt ist in neuerer Zeit, wenn auch nur andeutungsweise, darauf hingewiesen worden, dass das Studium des Baues der Samenschalen nicht bloss das Interesse des Morphologen wachrufe, sondern auch dem Systematiker sehr werthvolle Anhaltspunkte für die Beurtheilung der natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse der Pflanzen darbieten dürfte. Vielleicht zeigt sich gerade hier der oft gesuchte Parallelismus im Auftreten von Merkmalen, die einestheils rein anatomisch-histologischer Natur sind und anderentheils bloss auf die äussere Gliederung der Pflanze Bezug haben.

Wenn man lediglich den Bau der Samenschalen bei den verschiedenen Arten der Gattung *Phaseolus* in's Auge fasst, so könnte man fast meinen, dass die soeben gemachte Annahme an den in der vorliegenden Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen eine Stütze findet. Die systematische Verwerthbarkeit des Baues der Samenschale für die Unterscheidung der einzelnen Species ist in der That unstreitbar. Sobald man jedoch die Gattung *Phaseolus* den verwandten Gattungen gegenüber abzugrenzen sucht, und zwar eben auf Grund des anatomischen Baues der Testa, so will dies durchaus nicht gelingen.

Die unter der Epidermis der Leguminosentesta befindliche Zelllage erfährt bei fast allen bis jetzt untersuchten Gattungen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

eine sehr charakteristische Ausbildung. Es entstehen die sogenannten Säulenzellen. Von einander selbst sehr weit abstehende Genera beweisen durch sie ihre Zugehörigkeit zu ein- und derselben grossen Ordnung des Pflanzenreiches. Bei der Gattung *Phaseolus* zeigt aber jene Zelllage je nach den verschiedenen Arten eine dreifach verschiedene Ausbildung. Wir lernten hier prismen-, trichter- und säulenförmige Zellen kennen. Ein Merkmal also, welches sonst nicht einmal durch weitgehende Gattungs-, ja Familienunterschiede berührt wird, wechselt plötzlich je nach den einzelnen Arten. Wir können noch weiter gehen. Lässt sich überhaupt im Bau der Samenschale ein Merkmal (oder ein Complex von Merkmalen) auffinden, welches der Gattung *Phaseolus* allein zukommt und dabei auch selbstverständlich für jede einzelne Species Geltung hat? Die Schichten I, II und IV fallen bei Beantwortung dieser Frage ausser Betracht; II aus dem soeben auseinandergesetzten Grunde, I und IV, weil sie die ganze Ordnung aufweist. Bleiben noch III und V, das Sternparenchym und das Filzgewebe. Ersteres fehlt zwar den mit *Phaseolus* zunächstverwandten Gattungen, kommt aber bei *Anagyris* vor. Letzteres wieder ist zwar nur noch dem mit *Phaseolus* nahe verwandten Genus *Lablab* eigenthümlich, fehlt aber, sowie auch die Schichte III, der Species *Ph. Mungo.*

Es zeigt sich daher:

1. Dass der Bau der Samenschale zwischen den einzelnen Arten der Gattung *Phaseolus* weit grössere Verschiedenheiten aufweist, als solche zwischen zahlreichen Gattungen der ganzen Ordnung vorkommen.

2. Dass trotz des charakteristischen Baues der Samenschalen bei der Mehrzahl der Species von *Phaseolus* ein für die ganze Gattung giltiges und dieselbe kennzeichnendes Merkmal, oder ein ihr eigenthümlicher Complex von Merkmalen, doch nicht vorhanden ist.

Wie wenig in unserem Falle die anatomisch-histologischen Eigenthümlichkeiten der Testa mit den die äussere Gliederung und den allgemeinen Habitus betreffenden Merkmalen parallel laufen, ergibt sich auch aus dem Vergleich der Samenschalen von *Dolichos* und *Lablab.* Die Samen der ersteren Gattung,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

welche denen von *Phaseolus* so ähnlich sehen, erinnern im Bau ihrer Testa durch gar Nichts an diese Übereinstimmung. Die Samen von *Lablab* dagegen, welche mit *Phaseolus*-Samen nicht die geringste äussere Ähnlichkeit haben, weisen nichtsdestoweniger die charakteristische Schichte V auf.

Es lässt sich natürlich nicht leugnen, dass bei anderen Familien die hier besprochenen Verhältnisse sich günstiger gestalten können. Welch' grosse Vorsicht aber stets nothwendig sein wird, wenn in systematischen Fragen der Bau der Samenschale das letzte Wort sprechen soll, wird aus dem Mitgetheilten zur Genüge erhellen.

Die Hauptresultate der Untersuchung lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Die Samenschalen der Gattung *Phaseolus* entstehen aus dem äusseren Integument der Samenknospe und setzen sich aus 3—5 verschieden ausgebildeten Schichten zusammen:

a) Die Epidermis ist, wie bei allen Leguminosen, pallisadenförmig entwickelt.

b) Die nächstfolgende Zelllage zeigt je nach den einzelnen Arten eine dreifach verschiedene Ausbildung; sie kann nämlich bestehen: α) aus prismenförmigen Zellen, in denen sich Krystalle von oxalsaurem Kalk befinden (*Ph. vulgaris, multiflorus*); β) aus trichterförmigen Zellen (*Ph. lunatus, inamoenus*); γ) aus Säulenzellen (*Ph. Mungo*). Die Gattung *Phaseolus* stellt sich dadurch in Gegensatz zu den übrigen bisher untersuchten Gattungen der ganzen Ordnung, bei denen die prismenförmige Ausbildung der Zellen niemals vorkommt, und die säulen- oder trichterförmige Ausbildung ein allen Arten der betreffenden Gattung eigenthümliches Merkmal ist.

c) Die dritte Schichte ist mit zahlreichen Intercellularräumen versehen und besteht aus sternförmigen Parenchymzellen. Sie fehlt bei *Ph. Mungo*.

d) Die nächstfolgende Schichte wird von zartwandigen, tangential gestreckten Zellen gebildet; sie enthält die Gefässbündel der Samenschale.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

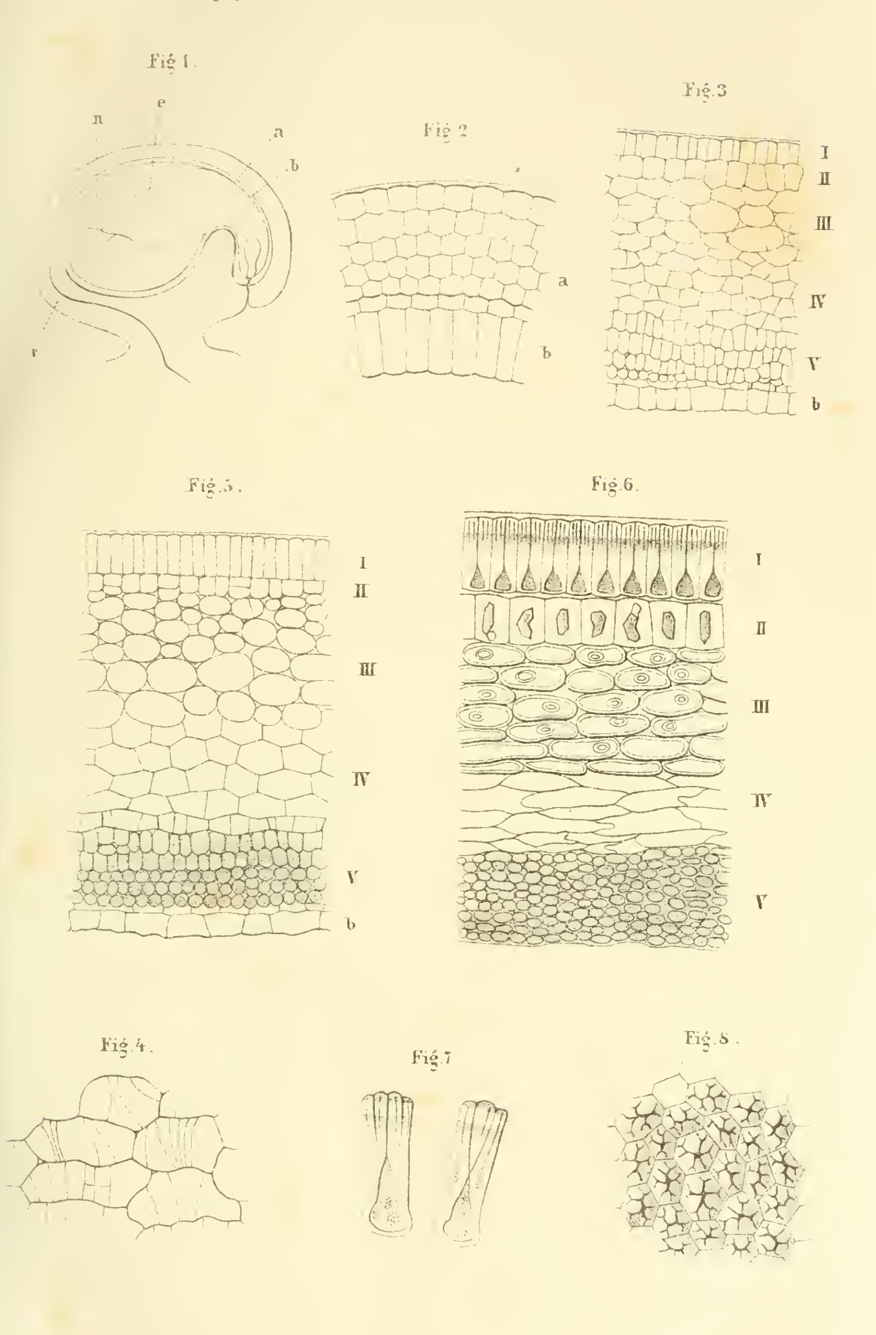
e) Die unterste Zellschicht besteht aus kleinen, reichverzweigten und sich verfilzenden Zellen. Auch sie fehlt bei der Mungobohne.

2. Der Farbstoff einfach und bunt gefärbter Varietäten tritt gewöhnlich in den sub *a)* und *c)* angeführten Schichten auf. Die Pallisadenschichte enthält jenen Farbstoff, dem der Same seine äusserlich sichtbare Färbung verdankt. Nebenher kommt in der tangential gedehnten Parenchymschichte ein anderer, stets brauner Farbstoff vor.

3. Die Samen der Gattung *Phaseolus* besitzen ein Endospermgewebe; *Ph. Mungo* an der ganzen Innenfläche der Testa, die anderen Arten bloss als rudimentäre Schichte an den der Mikropyle benachbarten Partien der Samenschale.

Hinsichtlich der Schlussfolgerungen, welche die Verwerthbarkeit des anatomischen Baues der Samenschale für die Systematik betreffen, verweise ich auf die pag. 12 mitgetheilten Sätze.

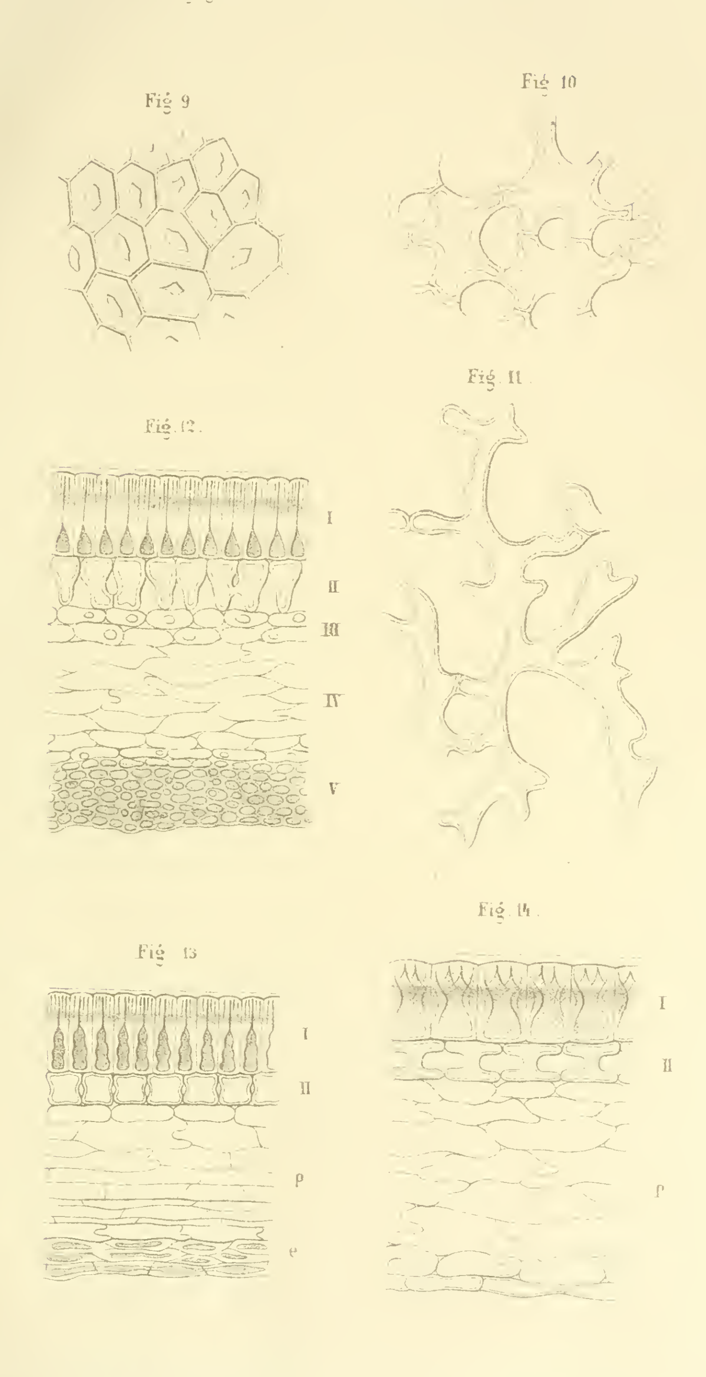
Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum




Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Samenknospe von *Phaseolus vulgaris*, einige Zeit nach der Befruchtung; *a* äusseres, *b* inneres Integument. *n* Knospenkern, *e* Embryosack, *r* Raphe. Vergr. 20.

Fig. 2. Querschnittsansicht der Integumente kurz nach erfolgter Befruchtung. Vergr. 440.

Fig. 3. Späteres Entwickelungsstadium der jungen Testa; (Länge der Samenknospe 2·5 Mm.) I, II, III, IV, V. Die sich bereits differenzirenden Schichten des äusseren Integumentes; *b* inneres Integument. Vergr. 280.

Fig. 4. Parenchymzellen an der Raphe in Theilung. Vergr. 450.

Fig. 5. Noch späteres Entwickelungsstadium; (Länge der Samenknospe 5 Mm.) Bezeichnung wie bei Fig. 3. Vergr. 280.

Fig. 6. Querschnitt der reifen Testa in Kalilauge erwärmt; I Epidermis, II Prismenschicht, III Sternparenchymschicht, IV tangential gestreckte Parenchymzellen, V Filzgewebe (vergl. Tafel II, Fig. 11). Vergr. 280.

Fig. 7. Durch Kochen in Kalilauge isolirte Pallisadenzellen. Vergr. 560.

Fig. 8. Pallisadenzellen von oben. Vergr. 500.

Tafel II.

Fig. 9. Prismenschicht von oben. Vergr. 500.

Fig. 10. Sternparenchymzellen von oben. Vergr. 500.

Fig. 11. Verzweigte Zelle aus Schichte V. Vergr. 1200.

Fig. 12. Samenschale von *Ph. lunatus L.*; Behandlung wie oben. II. Lage, trichterförmiger Zellen. Vergr. 280.

Fig. 13. Samenschale von *Ph. Mungo*; II Säulenschicht, *p* Parenchymschichte, *e* Endosperm. Vergr. 280.

Fig. 14. Samenschale von *Dolichos monachalis*. Vergr. 280.